Statistics Canada | Statistique Canada

Science, Technology and Capital Stock Division

Division des sciences, de la technologie et du stock de capital

Canada

LA MESURE DE L'INNOVATION INDUSTRIELLE

H. Stead,
Division des sciences,
de la technologie et
du stock de capital.
Mars, 1985

Table des matières

La notion d'innovation

L'innovation et la politique scientifique

- Introduction
- Les effets de l'innovation
- Le climat d'innovation
- Activités d'innovation actuelles

Innovation et statistiques

- Introduction
- Le climat d'innovation
- Repérage et recensement des innovations
- Les effets de l'innovation

Conclusion

Annexe

La notion d'innovation

Ce document décrit des indicateurs de l'activité d'innovation qui peuvent être utiles en matière de politique scientifique. Ce n'est ni un travail de recherche sur l'innovation elle-même, ni un traité sur ce sujet. La plupart des ouvrages sur l'innovation en tant que phénomène économique sont passés sous silence tantôt intentionnellement, tantôt à cause de l'ignorance de l'auteur. Cette étude a pour objet d'aider les statisticiens et les conseillers en matière de politique scientifique à conceptualiser, à mettre au point et à améliorer des indicateurs.

Un **indicateur** est une mesure choisie pour illustrer une notion particulière.(1) Le nombre de scientifiques dans un certain domaine ou dans un pays est un exemple d'une mesure. On peut considérer cette statistique comme un des indicateurs du stock de connaissances dans un domaine ou un pays. La manière d'interpréter un indicateur peut être expliquée comme suit:

(Traduction)
"Les indicateurs sont des mesures quantitatives utilisées pour constituer une base d'information étendue qui puisse faciliter les travaux de planification, les débats et les négociations concernant les questions précises que les décideurs doivent trancher. Ils ne sauraient remplacer le jugement des décideurs et ne servent qu'à les informer. (...) Quand on comprend que les indicateurs sont des mesures multiples d'un phénomène, ces données et les analyses fondées sur elles présentent une image compréhensive et favorisent une perspective globale. Essentiellement, les indicateurs offrent des moyens <u>indirects</u> de percevoir une situation, un changement ou une performance." (2)

Une **innovation** est un produit vendable ou un procédé de production nouveau ou perfectionné. **L'activité d'innovation** est la transformation d'une idée en un produit ou un procédé. Elle

comprend tous les moyens scientifiques, techniques, commerciaux ou financiers nécessaires pour réussir à mettre au point et à commercialiser des produits, des procédés et des équipements nouveaux ou perfectionnés.

La définition d'innovation industrielle comporte une distinction entre les **produits** et les **procédés** , dichotomie fondamentale dans l'analyse et la mesure de l'innovation. Bien entendu, cette distinction n'est pas toujours nette dans le monde réel; les procédés employés dans chaque entreprise reposent généralement sur les produits d'une autre entreprise. L'évolution des institutions financières fait ressortir l'interdépendance des innovations dans les produits et les procédés. Des innovations telles que le télégraphe et le câble sous-marin, l'ordinateur et la caisse automatique ont engendré des innovations dans les procédés de tranfert et de gestion de l'argent.

Normalement, toutefois, on peut au moins préciser si une innovation relève avant tout d'un produit ou d'un procédé au **moment où on l'observe.** Cette différence n'est pas très importante dans le cas des indicateurs du potentiel d'innovation, mais elle est capitale pour l'évaluation du rôle de l'innovation dans l'accroissement de la productivité. Quelques exemples d'innovations classées comme soit des produits, soit des processus, sont présentés plus bas afin d'illustrer la notion d'innovation. (3)

L'hélice à pas variable (produit)

Inventée et brevetée par un inventeur privé (W.R Turnbull du Nouveau-Brunswick) à la fin des années 1920 et produit commercialement par diverses entreprises, en particulier la société Curtiss Wright. Cette innovation permet de régler le pas ou la longueur d'une hélice de la manière la plus efficace pour la vitesse ou l'activité d'un avion. (3)

La moissonneuse-batteuse automotrice (produit)

Ce produit exécute un procédé ou une série de procédés. Une personne conduit cette moissonneuse dans un champ de blé pendant que cette machine fait la coupe, le battage, le nettoyage et la livraison des grains. Cet appareil a été inventé par Thomas Carroll chez Massey-Harris à la fin des années 1930. (3)

La barrière à bulles d'air pour les explosions sous-marines (procédé)

Pour protéger les humains ou des objets des effets d'explosions sous-marines, une barrière de bulles d'air qui amortit les ondes de choc est produite à partir d'une canalisation construite sous le site d'une explosion. Cette technique a été brevetée par Adolphe Laprairie de Canadian Industries Limited et a été utilisée pour la première fois en 1954. (3)

La technique de flottation pour la séparation de minéraux (procédé)

Pour séparer les minéraux, comme le plomb et le zinc, contenus dans les minerais de la région du Kootenay, la société COMINCO a mis au point la méthode de flottation par mousse au début des années 1920. (3)

Quelques-unes des innovations qui ont été étudiées en détail :

- le stimulateur cardiaque;
- les grains hybrides;
- l'électrophotographie;
- l'analyse économique des entrées et des sorties;
- les insecticides organophosphorés;
- les contraceptifs administrés par voie orale;
- les ferrites magnétiques et
- les magnétoscopes. (4)

Il suffit de parcourir cette courte liste pour comprendre que

l'innovation est un élément fondamental de notre vie. Par exemple, des millions, sinon des centaines de millions d'êtres humains vivent aujourd'hui grâce aux grains hybrides et aux insecticides organophosphorés. On peut également dire que des millions d'êtres humains ne vivent pas aujourd'hui à cause des contraceptifs administrés par voie orale. La liste présentée plus haut permet aussi de constater comment les innovatons peuvent être intégrées rapidement dans la technologie et dans la société.

Les innovations sont des phénomènes produits par l'être humain dans le but de provoquer des changements. Les innovations dans les procédés rendent possible l'extraction, le raffinage ou la fabrication de substances et de produits améliorés ou différents ou permettent de réduire le coût de l'extraction, du raffinage ou de la fabrication des mêmes substances et produits. Les chiffres présentés dans le tableau ci-dessous, qui proviennent d'une recherche d'Enos(5) qui a été décrite par Freeman(6), montrent les effets des innovations dans un procédé sur les besoins en facteurs de production.

TABLEAU. Comparaison de deux procédés de raffinage de l'essence pour moteurs

Facteurs de production	Besoins en facteurs pour produire 100 gallons d'essence		Economies
	Procédé de Burton vers 1913	Craquage catalytique vers 1955	%
Matières premières (gallons)	396.0	170.0	57
Capital (dollars de 1939)	3.60	0.52	86
Main-d'oeuvre (heures-personnes)	1.61	0.02	99
Energie (millions de BTU)	8.4	1.1	87

Source: The Economics of Industrial Innovation, C. Freeman, Frances Pinter Ltd., London, 1982, p. 27.

Les innovations de produits sont des produits nouveaux ou perfectionnés qui, si elles sont utilisées dans la fabrication industrielle ou dans un service commercial, peuvent accroître la productivité dans le secteur d'utilisation. Ainsi, parmi les exemples d'innovations mentionnés plus haut, la moissonneuse-batteuse automotrice, les grains hybrides et les insecticides organophosphorés ont tous augmenté la productivité agricole. Aujourd'hui, les robots et diverses machines reliées à des ordinateurs sont utilisées pour améliorer la productivité dans un nombre grandissant de procédés de fabrication.

Les innovations de produits peuvent également favoriser la création de nouvelles branches d'activité. Des innovations apportées aux machines à vapeur, aux locomotives à vapeur, à la construction des chemins de fer, aux systèmes d'aiguillage et ainsi de suite ont permis à l'industrie ferroviaire de s'étendre. Plus tard, il y a eu assez d'innovations pour que l'industrie de l'automobile puisse évoluer. Il en va de même pour n'importe quelle branche d'activité qu'on puisse nommer.

Comme nous essayons d'établir une description très générale du phénomène de l'innovation, il convient également de souligner le fait que la création et l'expansion de presque toute branche d'activité produit des innovations sociales et économiques. Par exemple, la croissance de l'industrie des chemins de fer a stimulé le développement de régions sous-peuplées et a eu de grandes répercussions sur le commerce international et le déroulement des guerres. Un autre exemple est le lien entre l'essor de l'automobile et l'homogénéisation des sociétés à cause de la mobilité des individus.

L'innovation technologique joue également un rôle important dans certaines théories de la croissance économique. Selon Schumpeter (7), l'innovation serait une des causes de la croissance économique et, surtout, de son caractère cyclique. Cette théorie a été négligée à cause de la prédominance des théories de Keynes

et d'autres économistes, après la seconde guerre mondiale, mais elle suscite maintenant un nouvel intérêt. (8) Le passage suivant que nous citons est tiré d'un ouvrage de Christopher Freeman et résume sa pensée à propos de la relation entre l'innovation et la croissance économique. Freeman conclut qu'une politique en matière de technologie pourrait aider à résoudre ou à atténuer les difficultés économiques actuelles.

(Traduction)
"Partout dans le présent ouvrage, nous avons affirmé que la création de nouvelles technologies et leur assimilation dans les systèmes économiques des pays industriels, un aspect extrêmement important du développement économique à long terme, n'est pas un processus simple et continu. Le progrès technique est extrêmement inégal au fil du **temps**, d'une **industrie** ou d'un grand secteur économique à un autre et, sur le plan **géographique**, d'une région ou d'un pays à un autre. La diffusion d'une série d'innovations techniques applicables à un grand nombre de domaines peut donner un élan marqué à la croissance économique en créant de nouvelles possibilités d'investissement et d'emploi et en favorisant une expansion de la demande secondaire de biens et de services. **Chronologiquement**, toutefois, les nouveaux "systèmes technologiques" atteignent une certaine maturité et, en général, la nature de leurs retombées sur le niveau d'investissement et l'emploi subit alors un changement. Les "effets compensatoires" qui pourraient pallier ces difficultés fonctionnent alors imparfaitement et souvent longtemps après qu'ils sont déclenchés. Il est possible qu'une grande partie du stock de biens d'équipement qui existe déjà dans le secteur de la fabrication soit trop limitée pour permettre un accroissement de l'emploi ... et l'achat de nouveaux équipements peut exiger un investissement considérable.

Promouvoir l'application d'importants nouveaux systèmes technologiques et favoriser un accroissement de la productivité à partir de changements technologiques peuvent être une solution efficace pour aider à redresser la santé économique des pays industrialisés développés. Cette conclusion ressort des expériences passées de reprise après des périodes de récession ainsi que de la situation récente au Japon. Les innovations les plus importantes seraient celles qui sont applicables à un grand nombre de domaines, soit celles qui pourraient à la fois produire de grandes augmentations de la productivité et accroître de beaucoup la rentabilité." (9)

En termes très simples, la relation entre l'innovation industrielle et l'activité économique produit un cycle très long qui commence par une série de grandes et de petites innovations, lesquelles engendrent une montée de l'activité économique et favorisent par la suite l'expansion d'entreprises et de nouvelles branches d'activité. En général, ces innovations ont trait à des produits ou à des systèmes. Lorsque ces innovations se répandent, il devient plus difficile et coûteux de réaliser d'autres progrès techniques, les bénéfices diminuent à cause d'une concurrence accrue et les nouvelles innovations sont généralement axées sur des procédés afin de réduire les coûts et de répondre à l'augmentation de la concurrence. L'activité économique et l'activité d'innovation diminuent jusqu'à la prochaine grande vague d'innovation.

Définitions

Innovation industrielle

Une innovation industrielle est un produit vendable ou un procédé de production nouveau ou très amélioré dans l'industrie et le commerce. C'est quelque chose qui n'existait pas auparavant dans sa forme actuelle et qui fonctionne ou qui connaît un succès commercial. On emploie l'adjectif "industriel" au lieu de "technologique" afin d'inclure les innovations commerciales même lorsqu'elles ne semblent pas reposer sur une nouvelle technologie. Nous nous limitons toutefois au secteur industriel et ne voulons pas inclure des transformations "sociales" telles que le changement de la composition des familles, des habitudes de travail et ainsi de suite. Nous excluons les inventions techniquement utilisables qui ne remportent pas de succès commercial (même si l'échec est dû à des erreurs de gestion, à une catastrophe naturelle ou au caractère extrême d'un progrès technique). Nous excluons également les innovations non

commerciales comme celles axées avant tout sur des applications militaires ou d'autres marchés qui relèvent seulement des administrations publiques. Selon cette définition, le micro-ordinateur portatif, les laques en aérosol et le Boeing 747 sont des innovations industrielles. Les greffes de coeur, la bombe atomique et le Concorde sont des innovations dans le sens habituel de ce terme, mais non dans notre définition.

L'activité d'innovation industrielle est la transformation d'une idée en un produit vendable ou un procédé de production qui est nouveau ou perfectionné. Elle inclut toutes les mesures scientifiques, techniques, commerciales et financières nécessaires pour la mise au point et la commercialisation des produits, des procédés et des équipements nouveaux ou perfectionnés.

Branche d'activité/Industrie
Un groupe d'unités d'exploitation exerçant une activité économique semblable ou analogue. (10)

Invention
La conception d'un produit ou d'un procédé réalisable, dont la nouveauté est telle qu'il n'aurait pas été "évident à un expert dans le domaine" au moment où il est proposé. (11)

R-D
La recherche et le développement expérimental (R-D) comprennent les travaux de création entrepris de façon systématique en vue d'accroître la somme des connaissances, y compris la connaissance de l'homme, de la culture et de la société, ainsi que l'utilisation de ces connaissances pour de nouvelles applications. (12)

Technologie

La somme des connaissances en matière d'arts industriels. Cet ensemble comprend les connaissances utilisées par l'industrie concernant les principes des phénomènes physiques et sociaux, l'application de ces principes à la production et le déroulement quotidien des opérations de production. (13)

Résumé

Ce chapitre a pour objet de définir et d'étoffer la notion d'innovation. On souligne le fait qu'on peut normalement classer les innovations selon qu'elles visent un procédé ou un produit, distinction importante pour la compréhension du phénomène de l'innovation. On présente également quelques exemples d'innovations et de leurs effets, et on mentionne le rôle que certains économistes attribuent à l'innovation dans la croissance économique. Enfin, on fournit la définition de plusieurs termes utilisés dans ce document.

Renvois

(1) **Science Indicators: Improvements Needed in Design, Construction and Interpretation,** Rapport du vérificateur général des États-Unis, Washington, D.C., 1979.

(2) **Science Indicators - 1982,** National Science Board, Washington, D.C., 1983, p. ix.

(3) Les innovations canadiennes mentionnées ici sont tirées des livres **Ideas in Exile,** J.J. Brown, McClelland and Stewart Limited, Toronto, 1967 et **The Canadian Inventions Book,** Janis Nostbakken et Jack Humphrey, Grey de Pencier Publications, Toronto, 1976.

(4) **Science, Technology, and Innovation,** Battelle Columbus Laboratories, National Science Foundation, Washington, D.C., 1973.

(5) J. Enos, **Petroleum Progress and Profits: A History of Process Innovation,** MIT Press, 1962.

(6) Christopher Freeman, **The Economics of Industrial Innovation,** Frances Pinter (Publishers) Limited, Londres, 1982, p. 27.

(7) J.A. Schumpeter, **Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process,** McGraw-Hill, New York, 1939.

(8) David Dickson, "Technology and Cycles of Boom and Bust", **Science,** 25 février 1983, p. 933-936.

(9) Freeman, **op. cit.,** p. 220.

(10) **Classification des activités économiques,** Bureau fédéral de la statistique, nº 12-501 au catalogue, Ottawa, 1971.

(11) Jacob Schmookler, **Invention and Economic Growth,** Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1966.

(12) **La mesure des activités scientifiques et techniques,** OCDÉ, Paris, 1981, ("Manuel Frascati" 1980).

(13) Edwin Mansfield, **The Economics of Technological Change,** W.W. Norton & Company, Inc., New York, 1968.

L'innovation et la politique scientifique

Introduction

Dans ce chapitre, nous examinons l'innovation du point de vue des personnes intéressées aux questions de politique. On aborde ici le problème de la politique en matière de sciences et de technologie et des aspects scientifiques et technologiques (S-T) de la politique industrielle, économique et sociale. La section "Les effets de l'innovation" vise à montrer pour quelle raison ces personnes doivent s'intéresser à l'innovation. La deuxième section, "Le climat d'innovation", décrit les facteurs qui influent sur l'ampleur et la nature des travaux d'innovation. Pour élaborer une politique efficace, il faut décider du facteur le plus approprié sur lequel on peut exercer un contrôle. Nous croyons qu'il est utile de distinguer trois groupes de facteurs: les facteurs qui ont un effet sur la base S-T dont les innovateurs disposent, les facteurs généraux qui favorisent l'innovation et les facteurs qui déterminent le potentiel d'innovation de chaque entreprise. Dans la dernière section, qui est intitulée "Activités d'innovation actuelles", nous tentons de définir les étapes du processus d'innovation. Ce type de classification peut être utile à l'élaboration de programmes si l'on veut mettre l'accent sur une seule phase ou activité, comme la R-D.

Les effets de l'innovation

Examinons d'abord les effets de l'innovation sur l'innovateur. Ces effets dépendent du type d'innovation et du genre d'entreprise qui la met au point. L'innovation d'un procédé permet d'accroître la productivité de l'entreprise innovatrice. Ses produits coûtent alors moins cher, sont meilleurs ou sont à la fois meilleur marché et améliorés (ou le prix et la qualité

des produits peuvent demeurer invariables, tandis que les coûts de production diminuent). En général, les ventes (mesurées par la quantité vendue et les recettes) et les bénéfices devraient augmenter, mais lorsque la concurrence est très vigoureuse, il arrive que l'innovation soit essentielle pour qu'une entreprise puisse juste survivre et conserver sa part du marché. Dans l'ensemble, l'innovation entraîne normalement des variations des quantités et des proportions de ressources que l'entreprise innovatrice utilise pour la production, de même que des hausses de ses ventes et bénéfices.

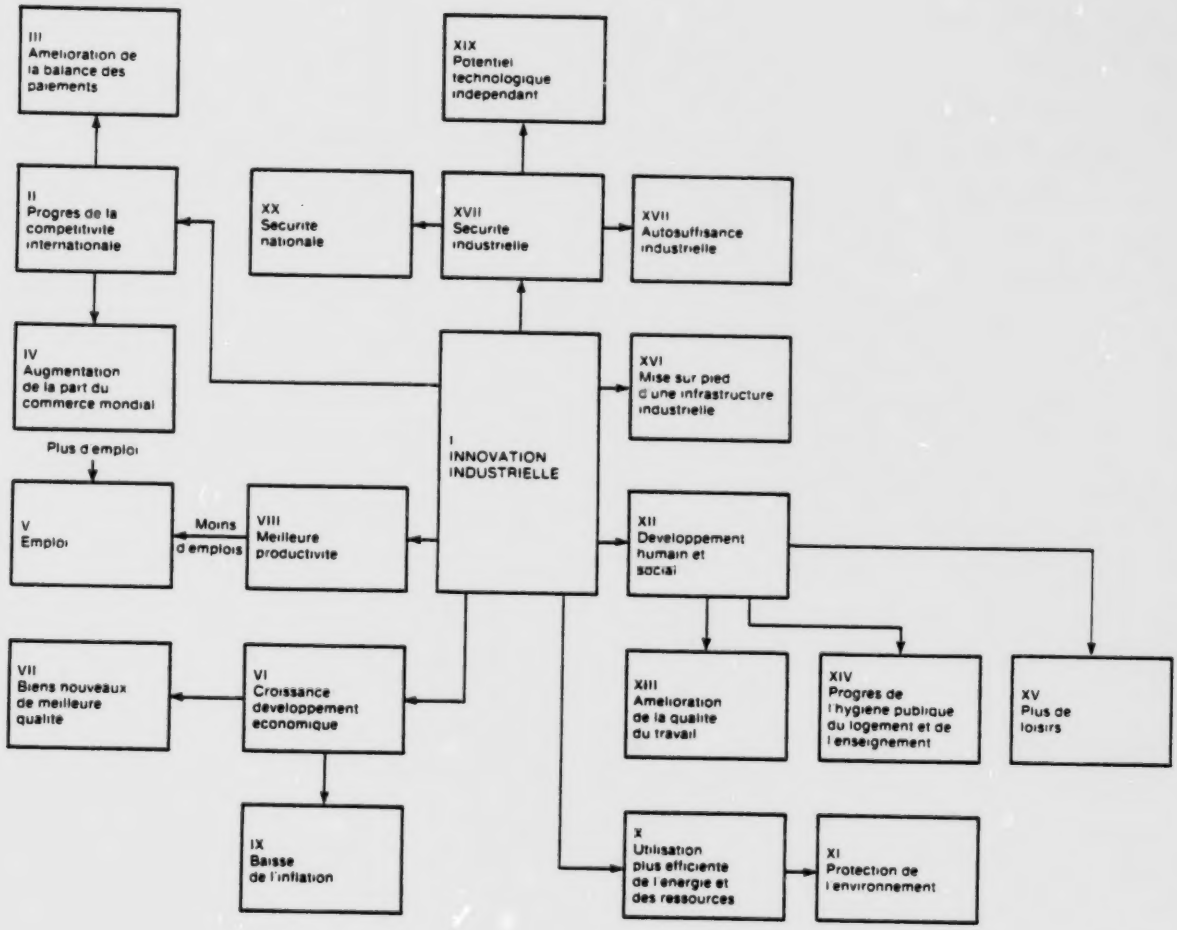
À la suite de l'innovation d'un procédé, le produit de l'entreprise innovatrice et ceux de ses concurrents innovateurs peuvent se vendre assez bon marché ou devenir assez perfectionnés pour augmenter la productivité de leurs entreprises clientes (par exemple, une diminution du prix de l'essence peut accroître laproductivité des industries de transport routier et de fabrication). Ce processus peut même donner naissance à de nouvelles industries (par exemple, une baisse du prix de l'aluminium a permis de fabriquer des canots et des maisons mobiles).

D'autres entreprises dans la même industrie essaient ensuite d'améliorer leur compétitivité en mettant au point ou en se procurant des innovations semblables (processus de diffusion technologique), en augmentant leur productivité d'une autre manière ou en tablant sur des moyens non technologiques de conserver leur part du marché (comme, par exemple, des techniques d'emballage, l'amélioration de leur service, la publicité ou des lois). Une fois qu'une grande innovation ou qu'une série d'innovations dans un procédé est répandue dans une branche d'activité, cette dernière peut être assez différente de ce qu'elle était auparavant (l'effet de l'introduction de la chaîne de montage sur la fabrication de véhicules automobiles est un bon exemple).

Une innovation au chapitre des produits a généralement le même effet sur l'entreprise innovatrice: changements dans l'utilisation des facteurs de production et hausse des ventes et des bénéfices. Une grande innovation ou une série d'innovations, comme dans le cas des procédés, peut faire naître de nouvelles branches d'activité économique. Au fond, tel qu'il a été mentionné plus haut, les industries sont créées grâce à des innovations, que ce soit pour la fabrication de canons, de machines pour la production de textiles, d'automobiles ou de téléviseurs. Certains biens, comme les produits pharmaceutiques, les jouets et les torpilles, s'adressent principalement aux consommateurs ou à d'autres marchés non industriels. Les innovations apportées à ces produits peuvent avoir des répercussions sur d'autres branches d'activité (par exemple, il existe un lien entre les jouets et les progrès relatifs aux matières plastiques et synthétiques et à la micro-électronique), ce sont les innovations de produits qui sont utilisées par d'autres industries qui présentent un intérêt particulier. Outre l'effet sur la branche d'activité innovatrice, il y a des répercussions sur la productivité des industries clientes (et sur celle des clients de ces clients). L'exemple de la production du pain a été employé souvent pour illustrer la notion du produit national brut. On peut également examiner le pain du point de vue de l'innovation. Les recherches sur l'amélioration des lignées du blé permettent d'améliorer les semences. L'innovation des machines agricoles peut réduire l'effort nécessaire pour ensemencer et récolter une unité de culture. Les innovations dans les engrais chimiques, les herbicides et les insecticides peuvent augmenter la récolte, du moins à court terme. Les innovations apportées au matériel ferroviaire et aux appareils de manutention des céréales rendent le transport des grains moins coûteux et plus efficace. Le perfectionnement des installations de meunerie peut réduire le prix de la farine; l'amélioration des malaxeurs et des fours permet d'accroître l'échelle de production des boulangeries, de même que les innovations apportées aux techniques d'emballage entraînent une modification des

méthodes de stockage et de distribution du pain. Il est clair que les innovations dans les boulangeries peuvent représenter seulement une partie des innovations qui influent sur la production du pain.

Étant donné que les innovations ont une très grande incidence sur le niveau de productivité, l'évolution industrielle et la concurrence internationale, elles sont importantes pour quiconque s'intéresse à la politique économique et surtout au rôle de la technologie dans la croissance économique. L'importance de l'innovation est résumée dans le principe selon lequel "une innovation, c'est bon, et cent innovations, c'est mieux", argument invoqué pour justifier les programmes visant à favoriser l'activité d'innovation. Il existe toutefois d'autres raisons de s'intéresser à l'innovation. Tel qu'il a été noté plus haut, les innovations industrielles ont des effets non seulement sur le plan économique, mais également sur le plan social. Les innovations qui réduisent les besoins en main-d'oeuvre, comme la technique de craquage catalytique du côté des procédés et la moissonneuse du côté des produits, ont clairement des répercussions sociales. D'autres innovations peuvent éventuellement réduire les besoins en main-d'oeuvre, mais il est certain qu'elles ont des incidences sur la société (par exemple, les machines à coudre domestiques, les micro-ordinateurs et les téléviseurs). Les innovations peuvent également avoir des effets écologiques, comme nous le rappellent les controverses actuelles concernant le réchauffement de l'atmosphère, les pertes de superficies cultivables et les pluies acides. Il existe donc plusieurs raisons assez importantes pour que les personnes intéressées aux questions de politique prennent connaissance du phénomène de l'innovation. Par contre, les personnes qui s'intéressent aux innovations à cause de leurs effets sociaux et écologiques ont probablement besoin davantage de renseignements sur des innovations particulières que des statistiques globales sur l'activité d'innovation. Les indicateurs de l'activité



Source: R. Rothwell and W. Zegveld, Industrial Innovation and Public Policy. London, Frances Pinter, 1981

scientifique et technologique se prêtent mieux à l'analyse de la croissance économique qu'à l'étude de problèmes particuliers.

Le climat d'innovation

S'il est généralement supposé que l'innovation est, dans l'ensemble, bon pour un pays, il s'ensuit que les décideurs voudront promouvoir la création et le maintien de conditions propices. Qu'est-ce qui constitue un climat favorable à l'innovation?

Les facteurs qui influent sur le climat d'innovation peuvent être divisés en trois catégories:

- les facteurs qui ont un effet sur l'étendue de la base scientifique et technologique;
- les facteurs généraux qui favorisent l'innovation et
- les facteurs qui déterminent le potentiel d'innovation de chaque entreprise.

La "base scientifique et technologique" d'un innovateur signifie l'aspect quantitatif et qualitatif des ressources humaines, de l'information et des biens d'équipement dont une entreprise dispose. La partie la plus importante de cette base est le personnel - les scientifiques, ingénieurs, technologues et ouvriers qualifiés. Un autre élément important est le système de diffusion des renseignements scientifiques et technologiques par la voie de documents imprimés ou de supports lisibles par machine. Un troisième élément est le stock de biens d'équipement. Il est donc raisonnable que les administrations publiques favorisent:

- un accroissement de l'enseignement des sciences à l'école;
- des programmes de formation en technologie et dans les métiers spécialisés;

- une augmentation du nombre de diplômés universitaires en génie et en sciences;
- l'expansion des possibilités d'emploi du personnel S-T;
- la mobilité du personnel S-T;
- l'existence d'un grand nombre de bibliothèques S-T dotées d'un bon stock d'ouvrages;
- des réseaux efficaces et populaires d'information S-T et
- l'achat des biens d'équipement et des machines les plus modernes.

Ces facteurs comprennent essentiellement les nécessités du "virage technologique". Une bonne base scientifique et technologique aide les innovateurs à rester près de la pointe du progrès et à réduire au minimum l'effort requis pour surmonter les difficultés scientifiques et techniques d'une innovation. Elle permet également aux innovateurs de mieux évaluer les possibilités technologiques qui existent.

La deuxième catégorie englobe les facteurs généraux qui favorisent l'innovation. Ces facteurs sont peut-être moins évidents que ceux qui influent sur la base scientifique et technologique. Premièrement, il faut une atmosphère culturelle qui soit propice à l'innovation, c'est-à-dire une société qui encourage ou, du moins, permet des transformations des organisations, des systèmes, des produits et des méthodes. La conjoncture économique est un autre facteur. L'innovation est encouragée quand l'innovateur peut s'attendre à une récompense pour son succès. Toutefois, le rapport entre le climat économique et l'innovation n'est pas clairement défini. Il semble logique de supposer que les périodes difficiles puissent favoriser les innovations dans les procédés, surtout celles qui permettent de réduire les coûts de production. Par contre, l'incidence d'une mauvaise conjoncture sur l'innovation peut

varier. L'innovation coûte cher; toutes choses étant égales par ailleurs, l'innovation est favorisée quand le capital de risque est abondant et n'est pas dispendieux. Les bonnes conjonctures sont peut-être propices aux innovations coûteuses au chapitre des produits, surtout parmi les entreprises qui produisent régulièrement des innovations. Lorsque la demande est faible, les entreprises qui ne produisent pas souvent des innovations peuvent être obligées d'avoir recours à l'innovation pour survivre et il est possible que les innovations faites dans ces circonstances soient parmi les moins coûteuses. Pour nos besoins, toutefois, le caractère de la relation entre la conjoncture et l'activité d'innovation, si cette relation existe, n'est pas très important, puisque aucun décideur ne viserait une détérioration de l'activité économique, même si une telle mesure pouvait accroître l'activité d'innovation.

C'est le potentiel de chaque entreprise qui, en fin de compte, est le facteur clé en matière d'innovation ou au moins celui qui détermine lesquelles entreprises seront des innovateurs. À partir des résultats de recherches menées à la Science Policy Research Unit à la fin des années 1960 et au début des années 1970, Freeman a établi une liste de plusieurs caractéristiques des entreprises innovatrices qui réussissent:

1. Elles sont dotées d'un bon service professionnel interne de R-D.

2. Elles font breveter leurs inventions pour les protéger et pour négocier avec leurs concurrents.

3. Elles donnent beaucoup d'attention à leurs marchés éventuels et font de grands efforts pour intéresser, sensibiliser et aider les utilisateurs.

4. Elles sont assez bien organisées pour coordonner efficacement les activités de R-D, de production et de commercialisation.

5. Elles ont de bons rapports avec les scientifiques à l'extérieur et avec leurs clients. (1)

On peut résumer ces caractéristiques sous une forme générale :

- services de R-D industriels nombreux et efficaces;
- utilisation efficace du système de brevets;
- commercialisation efficace;
- bon esprit d'entreprise et
- système efficace d'information scientifique et technologique.

Comme nous l'avons décrit plus haut, il existe beaucoup de types d'innovations. La plupart des entreprises ont ce qu'il faut pour mettre au point de petites innovations, mais peu d'entre elles ont les moyens d'entreprendre des innovations radicales. Freeman a résumé le degré d'incertitude inhérent à divers types d'innovations dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU. Degré d'incertitude de divers types d'innovation

1	Incertitude totale	recherche fondamentale activités fondamentales d'invention
2	Degré très élevé d'incertitude	innovations radicales, produits innovations radicales, procédés à l'extérieur de l'entreprise
3	Degré élevé d'incertitude	grandes innovations de produits innovations radicales, procédés à l'intérieur de l'entreprise ou de son système
4	Degré modéré d'incertitude	nouvelles "générations" de produits déjà établis
5	Peu d'incertitude	innovations avec accord de licence imitation d'innovations de produits modification de produits et de procédés implantation d'un procédé peu de temps après sa mise au point
6	Très peu d'incertitude	nouveau "modèle" différenciation d'un produit activités d'un service d'innovation pour un produit déjà établi implantation d'un procédé à l'intérieur de l'entreprise longtemps après sa mise au point petites améliorations techniques

"(...) La distinction entre les activités internes d'innovation d'un procédé et celles visant l'innovation d'un produit vendu sur un marché libre est très importante ici. L'innovation dans un produit comporte une incertitude sur le plan technique et sur le plan commercial. L'innovation dans un procédé peut présenter seulement une incertitude technique si ce procédé ne doit être utilisé qu'à l'intérieur de l'entreprise innovatrice, ..." (2) (Traduction libre.)

Les décideurs recherchent des moyens de réduire le degré d'incertitude dans l'activité d'innovation pour permettre aux entreprises d'utiliser leurs ressources au maximum. Pour ce faire, ils peuvent élaborer des programmes visant directement à améliorer la base S-T, à favoriser un climat propice à l'innovation et à augmenter le potentiel des entreprises.

Activités d'innovation actuelles

À l'origine, l'innovation se faisait sur une petite échelle dans des projets réalisés surtout par des inventeurs-entrepreneurs. Certes, l'entrepreneur individuel était également la pierre angulaire du système économique jusqu'à la dernière moitié du 19e siècle. Mais aujourd'hui, même si des innovateurs comme Bombardier, Lear et Land peuvent encore mettre au point des innovations qui peuvent faire naître de nouvelles entreprises et branches d'activité, c'est la société commerciale qui est la forme prédominante d'unité économique. Les statistiques à ce sujet sont éloquentes. En effet, près de 71% des titulaires de brevets délivrés de 1921 à 1925 aux États-Unis étaient des particuliers. Au cours de la période 1956-1960, cette proportion n'était plus que de 36%. (3)

Il est donc justifié d'examiner l'activité d'innovation à l'intérieur des sociétés commerciales. Bien qu'un grand nombre d'innovations proviennent d'une séries d'améliorations marginales découvertes "sur le tas" ou même accidentellement, nous mettrons

l'accent sur l'innovation en tant qu'une des activités planifiées et organisées des grandes entreprises. Il est non seulement probable que les grandes innovations découlent de ce genre d'activité, mais il est également possible que les activités d'innovation systématiques soient les seules qui puissent être touchées par les mesures de la politique scientifique et technologique. L'annexe contient deux exemples de la manière dont l'activité d'innovation est organisée dans les grandes entreprises.

Un modèle extrêmement simplifié d'un programme d'innovation complet comprend les éléments suivants:

- recherche scientifique;
- développement expérimental;
- études techniques relatives au produit;
- mise au point de l'outillage et travaux d'ingénierie industrielle
- démarrage de la fabrication.

Pour les innovations relatives à un produit, il arrive un moment où une étape qu'on peut appeler "commercialisation du nouveau produit" devient nécessaire, de même, peut-être, que des démarches pour l'obtention d'un brevet. Les exemples présentés dans l'annexe donnent une meilleure idée de la complexité d'un programme d'innovation complet, bien qu'ils soient eux aussi des schémas simplifiés. Bien entendu, une innovation ne passe pas nécessairement par chacune de ces étapes. Certaines inventions peuvent être conçues sans R-D ou, du moins, sans que l'entreprise innovatrice ait à faire de la R-D. Une entreprise peut également acquérir des inventions de l'extérieur et devenir un innovateur en réussissant à les commercialiser. Une entreprise peut imiter une innovation en adaptant ou en copiant une innovation d'une autre entreprise; il est possible d'acheter une innovation (les droits de production, le savoir-faire et, peut-être, des machines et du matériel) au premier innovateur ou d'obtenir une innovation d'une entreprise affiliée. Freeman présente un tableau qui

montre l'importance que différentes catégories d'entreprises accordent aux diverses activités d'innovation. (4)

TABLEAU. Activitiés scientifiques et technologiques (S-T) et stratégies des entreprises

Activité S-T	Stratégies des entreprises					
	Offen-sive	Défen-sive	Imita-tion	Dépen-dance	Tradi-tionn-elle	Oppor-tuniste
Recherche fondamentale	4	2	1	1	1	1
Recherche appliquée	5	3	2	1	1	1
Développement expérimental	5	5	3	2	1	1
Etudes techniques	5	5	4	3	1	1
Ingén. de prod./contr. qual.	4	4	5	5	5	1
Services techniques	5	3	2	1	1	1
Brevets	5	4	2	1	1	1
Info. S-T	4	5	5	3	1	5
Cours et prog. de form.	5	4	3	3	1	1
Prévision et planification commerciale à long terme	5	4	3	2	1	5

5 = le plus important, 1 = le moins important

Du point de vue de décideur, l'intéret des étapes de l'activité d'innovation tient au fait qu'il peut vouloir intervenir dans le déroulement de certaines étapes pour améliorer le climat d'innovation. En pratique, c'est ce que les décideurs font normalement. Ce principe est à la base d'une autre observation de Freeman:

(Traduction)
"Trois catégories de politiques technologiques ont une importance particulière:

(i) Celles qui visent directement à inciter les entreprises à mettre au point des inventions ou des innovations radicales, (...) l'aide consacrée à la recherche fondamentale et à la technologie "fondamentale" ou "de base" et les mesures ayant pour objet de promouvoir l'innovation industrielle ont toutes une importance critique.

(ii) Toutefois, les premières étapes des innovations radicales n'ont pas de grands effets économiques. Seule une diffusion à grande échelle peut produire ce genre d'effets et, par conséquent, il est essentiel d'élaborer une deuxième catégorie de politiques pour améliorer la diffusion des innovations qui existent déjà mais sont relativement neuves et radicales dans les divers secteurs. (...) Il existe toute une gamme de mesures qui conviennent à la situation qui prévaut dans chaque pays particulier, mais il est assez certain qu'un programme d'"investissement intangible" dans l'expansion des systèmes d'instruction et de formation peut faciliter le processus d'adaptation et que l'accroissement de cette forme d'investissement en période difficile est une bonne stratégie.

(iii) Une troisième série de politiques est axée sur l'amélioration des systèmes d'importation et de diffusion interne de la technologie étrangère. ... comme le démontre l'expérience du Japon après la seconde guerre mondiale, un programme explicite d'importation de la technologie étrangère et de travaux indépendants pour la perfectionner peut produire de très bons résultats." (5)

D'autres mesures qui ne sont pas habituellement conçues comme des moyens de favoriser l'innovation doivent aussi être mentionnées dans une étude complète de cette question. Par exemple, les décideurs peuvent établir des services d'information technique, promouvoir les bonnes méthodes de conception technique, aider les entreprises à commercialiser leurs produits en allouant des ressources pour des expositions commerciales, recueillir des renseignements économiques et techniques sur les marchés étrangers et améliorer les compétences techniques et commerciales des employés.

Résumé

Ce chapitre analyse l'importance de l'innovation pour les personnes intéressées aux questions de politique en matière de science et de technologie, de développement industriel ou de croissance économique. Nous soulignons le rôle de l'innovation dans l'augmentation de la productivité, la création de nouvelles branches d'activité et les changements apportés à la nature des emplois. Le noyau de ce chapitre est une description des conditions que les décideurs peuvent favoriser pour encourager la recherche d'innovations. Enfin, on examine les facteurs qui influent sur les travaux d'innovation dans les entreprises, de même que les mesures que l'État peut prendre pour accroître le niveau global de ces activités.

Renvois

(1) Christopher Freeman, **The Economics of Industrial Innovation**, Frances Pinter (Publishers) Limited, Londres, 1982, p. 112, 126 et suivantes.

(2) **Ibid.**, p. 150.

(3) Jacob Schmookler, **Invention and Economic Growth**, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1966, p. 26.

(4) **Freeman**, op. cit., p. 171.

(5) **Ibid.**, p. 220-222.

Innovation et statistiques

Introduction

Ce chapitre propose des statistiques et d'autres renseignements qui peuvent servir d'indicateurs des divers aspects de l'innovation décrits dans les sections précédentes. Il comprend trois sections. La première, "Le climat d'innovation", énumère différentes séries de données qui semblent utiles pour mettre en évidence et mesurer le niveau des activités d'innovation, leur évolution et les facteurs qui influent sur elles. La section intitulée "Repérage et recensement des innovations" porte sur l'étude de l'activité d'innovation à un niveau très détaillé par une méthode qui semble en passe d'être adoptée par divers organismes. Enfin, on examine brièvement le problème de la recherche d'indicateurs des effets de l'activité d'innovation. Le lecteur doit se rappeler qu'il y a rarement une correspondance exacte entre les indicateurs et les phénomènes qu'ils mesurent; il est presque toujours préférable d'analyser les variations ou les changements qui se produisent dans des **groupes** d'indicateurs connexes que d'utiliser seulement un indicateur isolé.

Le climat d'innovation

Le chapitre précédent propose trois rubriques pour décrire le climat d'innovation. Ces mêmes catégories sont utilisées dans ce chapitre pour regrouper les indicateurs susceptibles de faire partie de la base de données nécessaire aux analystes et aux conseillers en matière de politique scientifique et technologique. Quelques-unes des données mentionnées plus bas existent déjà, mais il est possible que certaines n'existent pas

encore. Certaines d'entre elles pourraient même s'avérer irréalistes ou inappropriées. Il est donc important d'évaluer l'utilité des données mentionnées plus bas.

1. La base scientifique et technologique

a. L'enseignement des sciences

Si le nombre d'élèves qui sortent du système d'enseignement et qui ont une bonne formation scientifique n'est pas suffisant, il est impossible de répondre aux besoins en scientifiques et en ingénieurs à partir des ressources intérieures. Des statistiques annuelles ou biennales sur les caractéristiques suivantes pourraient donc être utiles:

- le nombre de sortants des écoles secondaires qui ont suivi un certain nombre d'heures de cours en sciences, selon la région;

- le nombre d'élèves dans les dernières années des écoles secondaires qui suivent un certain nombre d'heures de cours en sciences, selon la région;

- le nombre d'enseignants en sciences dans les écoles secondaires, selon le genre de formation, l'âge et la région et

- les scores moyens obtenus à la fin des études secondaires ou au moment de l'admission à l'université dans des tests normalisés axés sur les sciences.

b. Formation en technologie et dans les métiers spécialisés

L'industrie moderne et l'innovation exigent de la main-d'oeuvre dans toute une gamme de professions, que ce soit des concierges ou des financiers, mais, en particulier, il faut

de bons ingénieurs, technologues et ouvriers spécialisés comme, par exemple, des machinistes. Des statistiques périodiques sur les personnes ayant une formation en technologie et dans les arts industriels pourraient comprendre des chiffres sur:

- le nombre de techniciens et d'ouvriers spécialisés, selon le domaine de spécialisation, l'âge et la région;

- l'effectif des cours de métiers spécialisés et des programmes d'apprentissage, selon le domaine de spécialisation et la région et

- le nombre d'enseignants en technologie, selon le genre de formation, le domaine de spécialisation, l'âge et la région.

c. L'enseignement universitaire en génie et en sciences

Les ingénieurs peuvent avoir un rôle dans toutes les étapes du processus d'innovation; les scientifiques, par contre, sont généralement plus nombreux dans la recherche et l'enseignement. À cause du temps nécessaire pour former des scientifiques et des ingénieurs, il est essentiel d'avoir de bons indicateurs du nombre courant de scientifiques et d'ingénieurs et des nouveaux entrants dans cette catégorie. Les statistiques suivantes devraient être produites réguliérement (tous les ans, tous les deux ans ou tous les trois ans):

- le nombre d'étudiants universitaires qui étudient les sciences et le génie, selon le niveau du diplôme visé, le domaine de spécialisation, la citoyenneté et la région;

- le nombre de diplômés en sciences et en génie, selon le diplôme décerné, le domaine de spécialisation, la citoyenneté et la région et

- le nombre de professeurs de sciences et de génie, selon le rang professoral, le genre de formation, le domaine de spécialisation, l'âge et la région.

d. Niveau d'emploi et mobilité du personnel scientifique et technique

Il semble logique de supposer que plus le nombre de scientifiques, d'ingénieurs et de technologues est élevé, plus le climat d'innovation scientifique et technique est favorable. Non seulement y a-t-il alors un nombre élevé d'inventeurs possibles, mais les facultés de chaque inventeur sont accrues par la richesse des relations avec ses collègues. Les recensements de la population ou des enquêtes semblables devraient être effectués pour obtenir des données régulières sur:

- le nombre de scientifiques, d'ingénieurs et de technologues employés, selon la profession, la fonction, l'âge, le sexe, la branche d'activité et la région;

- le nombre de scientifiques, d'ingénieurs et de technologues en chômage, selon le domaine de spécialisation, l'âge, le sexe et la région et

- le régime de travail et le cheminement de carrière des scientifiques, ingénieurs et technologues dans différentes professions.

e. Information scientifique et technique

La science et la technologie, c'est-à-dire les connaissances relatives aux sciences et les connaissances relatives à la technologie, progressent continuellement. C'est pourquoi, les enseignants, les étudiants et le personnel à l'extérieur des universités doivent tenir à jour leurs connaissances. Cette obligation est particulièrement importante là où la concurrence est axée sur les innovations. La production de statistiques périodiques sur le système d'information scientifique et

technique devrait faciliter le travail des analystes et conseillers en matière de politique. Ces chiffres pourraient porter sur:

- les bibliothèques ou collections de livres scientifiques et techniques, selon le nombre de volumes et de périodiques, les domaines de spécialisation, l'âge des ouvrages et des périodiques, la taille du personnel, le budget, les services spéciaux, la catégorie d'organisme et la région;

- les ressources courantes en information scientifique et technique dans les établissements commerciaux, selon la catégorie d'organisme (par exemple, bibliothèque annexe, service en direct lié à une bibliothèque S-T centrale, institut de recherche local, université locale, etc.), les coûts d'exploitation et la taille du personnel et

- les réseaux d'information S-T, selon l'organisme, le budget, la taille du personnel, le domaine de spécialisation, les types d'utilisateurs et les services spéciaux.

f. Biens d'équipement et machines

Les biens d'équipement et les machines sont des réalisations concrètes de la technologie. Un grand nombre d'innovations sont l'aboutissement d'une série de petites innovations; il va sans dire qu'une vieille machine requiert un plus grand nombre de petites améliorations qu'une nouvelle machine pour surpasser les machines "de pointe". En outre, les personnes qui utilisent les équipements les plus avancés sont généralement plus proches de la fine pointe d'une technologie que celles qui travaillent avec des équipements moins récents. Les statistiques suivantes seraient utiles pour l'analyse des politiques, mais, que nous sachions, aucunes d'entre elles n'existent à l'heure actuelle:

- le stock de capital utilisé, selon la branche d'activité, le type de capital, la capacité de production (mesure normalisée), l'âge moyen et les besoins en énergie et en main-d'oeuvre par unité;

- les biens d'équipement et les machines les plus récents dans chaque branche d'activité, selon le degré d'utilisation et le coût d'exploitation par unité de produit et

- le rythme de diffusion des technologies avancées de fabrication, selon la technologie (par exemple, CAO/FAO) et la branche d'activité.

g. Expansion de la base d'information S-T

Un pays peut accroître sa base d'information S-T en y ajoutant de nouvelles informations provenant d'autres pays; globalement, la base d'information S-T grandit grâce aux travaux de recherche et de développement expérimental. La série statistique internationale sur la dépense intérieure brute de R-D (DIRD) sert d'indicateur de cette expansion. La répartition sectorielle de la DIRD d'un pays est d'un intérêt capital pour les analystes et conseillers en matière de politique.

2. Facteurs généraux favorisant l'activité d'innovation

Il est difficile de proposer un ensemble de séries statistiques qui puissent aider les analystes et conseillers en matière de politique à évaluer l'effet des conditions culturelles et économiques sur l'activité d'innovation. Toutefois, certains renseignements, s'ils sont produits sur une base systématique et régulière, peuvent être utiles à cet égard. Quelques exemples de ce genre de données sont présentés plus bas. La valeur de la plupart de ces statistiques est plus grande quand il existe des

chiffres comparables sur d'autres pays qui ont une taille, des institutions et des problèmes économiques semblables.

a. Intervention de l'État pour favoriser l'innovation

Ces mesures doivent être regroupées selon le système de classification qui semble le plus utile, comme, par exemple, la distinction entre mesures financières (subventions, contrats, primes de rendement, avantages fiscaux, garanties de prêts, réductions de taux d'intérêt, etc.) et non financières (par exemple, l'utilisation gratuite d'installations du gouvernement ou de services d'information), selon la phase de l'activité d'innovation (par exemple, R-D, conception du produit, modernisation d'équipements), selon les branches d'activité touchées (à partir de la classification type des activités économiques utilisée dans le pays en question) ou selon les technologies ou les domaines visés (un programme d'aide peut, par exemple, être axé sur l'innovation en micro-électronique ou dans le conditionnement des aliments). Le coût de toutes les mesures d'encouragement doit être calculé à l'aide de toutes les estimations nécessaires pour permettre des comparaisons financières. Idéalement, les mécanismes d'évaluation de chaque programme devraient comprendre une analyse régulière des retombées du programme ou des mesures d'encouragement; les renseignements nécessaires à ce genre d'analyse peuvent également servir d'indicateurs.

b. Effet des conditions économiques sur l'activité d'innovation

Les statistiques suivantes pourraient être utiles:

- le taux d'imposition moyen des revenus des particuliers et des petites entreprises;

- les noms des nouvelles sociétés inscrites aux bourses des valeurs mobilières;

- un indice des prix des actions d'entreprises dans certaines branches d'activité (comme, par exemple, les communications, les ordinateurs et les services informatiques, la biotechnologie, les instruments scientifiques et professionnels, les produits pharmaceutiques et d'autres industries de produits chimiques); (1)

- le capital de risque existant et les montants déjà engagés ou prêtés;

- le taux d'intérêt moyen que les petites entreprises paient quand elles empruntent;

- le nombre absolu et relatif d'entreprises qui "naissent" et "meurent" et

- le taux de chômage des personnes qui cherchent un emploi dans certaines professions comme, par exemple, les spécialistes en sciences physiques et en sciences de la vie, les ingénieurs et les technologues.

c. Effet des conditions culturelles sur l'activité d'innovation

Nous proposons qu'une enquête soit menée régulièrement pour mesurer les attitudes du public à l'égard des sciences et de la technologie, de l'innovation et du changement. Les données recueillies pour l'analyse de la base scientique et technologique pourraient être utilisées pour obtenir une indication du niveau de "culture S-T" de l'ensemble de la population.

3. Le potentiel de chaque entreprise

On mentionne dans une section précédente que l'innovation dépend dans une grande mesure de la R-D, de l'utilisation du système de brevets, de la commercialisation, de l'esprit

d'entreprise et des communications S-T. Il n'existe pas de bons indicateurs de la qualité des activités de commercialisation et de l'esprit d'entreprise, mais on peut employer certaines statistiques pour mesurer les autres facteurs.

a. Activités de R-D des entreprises

- les dépenses annuelles au titre de la R-D (normalisées en fonction des ventes ou de l'effectif), selon le type de dépense et

- le personnel affecté à la R-D (chiffres normalisés), selon la catégorie.

Ce sont là quelques-unes des statistiques les mieux connues pour l'étude de l'innovation. Toutefois, il est important de les utiliser dans une perspective appropriée, comme le soulignent deux études récentes de l'OCDÉ qui sont citées plus bas. Le premier passage que nous citons montre comment interpréter les données sur les dépenses de R-D des entreprises dans l'industrie des produits pharmaceutiques:

(Traduction)
"... les progrès dans les connaissances ont beaucoup facilité la prédiction des effets physiologiques des composés chimiques. La mise au point d'un nouveau produit coûte donc moins cher et exige moins de temps qu'auparavant. Il n'y a pas de doute que les coûts de l'innovation ont augmenté, mais, n'eût été de l'avancement de la science fondamentale, cette augmentation aurait été encore plus grande. (...)

... deux indicateurs relatifs aux dépenses de R-D sont nécessaires pour évaluer le potentiel scientifique et technologique d'un pays: les dépenses des entreprises au titre de la R-D ... et les montants alloués par l'État et les universités à la R-D dans le domaine de la santé ...

Sur le plan de la concurrence internationale, les indicateurs les plus authentiques sont le niveau et, plus particulièrement, le taux de croissance des dépenses de R-D des entreprises. Étant donné que la mise au point d'une innovation dans l'industrie des produits pharmaceutiques prend beaucoup de temps, le total des dépenses de R-D à un moment donné est un indicateur avant-coureur de la compétitivité relative cinq ou dix ans plus tard." (2)

Le deuxième passage décrit le rôle de la R-D dans l'industrie des machines-outils. Dans cette branche d'activité, les dépenses de R-D ne sont pas des indicateurs aussi utiles que pour l'industrie des produits pharmaceutiques.

(Traduction)
"Depuis longtemps, l'effort moyen de R-D est assez faible dans l'industrie des machines-outils et, en général, la situation actuelle est la même. ... les dépenses de R-D n'ont toujours représenté qu'une partie des dépenses totales consacrées à la technologie dans l'industrie des machines-outils. Par ailleurs, les progrès en technologie électronique et, en particulier, dans les microprocesseurs, ont accentué cette relation. (...)

Le rôle de l'industrie des machines-outils est de concevoir et de produire des machines qui doivent répondre à des besoins extrêmement variés. Ce travail exige de l'imagination, de la créativité et l'acquisition constante de connaissances techniques. De nos jours, la production d'une machine-outil se fait non seulement à partir du savoir-faire industriel des ouvriers, des techniciens et des ingénieurs dans les domaines "traditionnels" du génie mécanique et du génie électrique - connaissances qui demeurent néanmoins essentielles - mais aussi à partir des progrès scientifiques et technologiques les plus récents en micro-électronique, en techniques informatiques et en technologie des lasers. Tout le savoir technologique du monde industriel entre dans la conception et la fabrication d'une machine-outil moderne." (3)

b. Utilisation du système de brevets

Il est bien connu que la propension à demander des brevets varie d'une entreprise à une autre et d'une branche d'activité à une autre. Il faut donc tenir compte de ce facteur quand on interprète des données pour déceler des changements et comprendre une situation. Les statistiques suivantes pourraient être utiles:

- le nombre de brevets délivrés à des entreprises au cours d'une période, normalisé pour tenir compte des dépenses de R-D ou du nombre de scientifiques et d'ingénieurs;

- des mesures permettant d'évaluer les brevets délivrés, s'il est possible de les mettre au point (par exemple, en comptant les citations dans les annonces de brevets) et

- la proportion du nombre total de brevets dans certains domaines technologiques qui sont délivrés à des entreprises.

c. Communications S-T

Il serait possible de demander aux entreprises d'indiquer leurs sources d'information S-T, leur degré d'utilisation de ces sources et le coût de l'information. Ce genre d'enquête devrait faire partie de l'étude de la base d'information S-T au Canada. L'étude faite en Irlande en 1971 est intéressante à ce chapitre. (4)

Repérage et recensement des innovations

Il est important de posséder des données sur les innovations particulières pour au moins deux raisons. Premièrement, ce genre de données permet de donner des illustrations et des exemples qui situent nos arguments théoriques sur le plan de la réalité. Deuxièmement, ces données offrent un moyen de déceler des relations et des changements dans les activités d'innovation et d'en examiner les causes et les effets.

Rappelons la définition sommaire de l'innovation: "une innovation industrielle est un produit vendable ou un procédé de production nouveau ou très amélioré dans l'industrie et le commerce. C'est quelque-chose qui n'existait pas auparavant dans sa forme actuelle et qui fonctionne ou qui connaît un succès commercial." Ainsi, pour repérer les innovations, on doit les décrire d'une manière qui permette d'en mesurer le degré de nouveauté et de succès commercial. Les grandes innovations ont donc une plus grande probabilité d'être décelées que les petites innovations; de même, les innovations dans les biens de consommation ont une plus grande probabilité d'être remarquées que celles dans les procédés de fabrication; enfin, les innovations les moins

récentes sont celles qui ressortent le plus. Il est donc presque inévitable que n'importe quel programme de mesure de l'innovation déforme la réalité.

Un simple recensement des innovations serait presque dénué de sens parce qu'on ignorerait le nombre d'omissions. Des statistiques sur les innovations particulières sont utiles seulement si on dispose aussi de renseignements sur les caractéristiques comparables de ces innovations comme, par exemple, la source de l'idée de base, la nature de l'invention, le coût de l'innovation, les étapes de la mise au point, les brevets, les ventes, etc. En recueillant et en étudiant ce type de renseignements, des organismes tels que la Science Policy Research Unit et des analystes comme Edwin Mansfield ont réussi à avancer concrètement notre compréhension de l'innovation en tant qu'activité et facteur de croissance économique.

Comment un organisme statistique peut-il dénombrer les innovations? Statistique Canada a mené trois enquêtes pilotes sur l'innovation au début des années 1970. Ces enquêtes portaient sur les coûts de l'innovation, mesurés par les dépenses au titre de la R-D, et avaient pour univers les entreprises qui exécutent des travaux de R-D. On demandait aux entreprises d'indiquer les coûts de différentes étapes du "processus" d'innovation, soit au cours d'une année particulière (la première enquête), soit au cours de la mise au point d'innovations que chaque entreprise choisissait elle-même (les autres enquêtes). (5)

Le Conseil économique du Canada a utilisé une méthode assez semblable en 1979. Un questionnaire portant sur un éventail d'aspects du processus d'innovation a été envoyé à toutes les entreprises dans cinq branches d'activité économique. "On demandait aux entreprises d'énumérer et de décrire les grandes innovations ... qu'elles avaient mises au point au cours de la

période 1960-1978. Les grandes innovations étaient définies comme celles qui ont contribué le plus à la rentabilité de l'entreprise ..." (6) (Traduction)

Les deux dernières enquêtes de Statistique Canada ont permis de recueillir des renseignements sur 83 et 96 innovations respectivement. L'enquête menée par le Conseil économique du Canada a produit des données utilisables sur 283 innovations. Dans chacune de ces enquêtes, les répondants devaient indiquer les innovations sur lesquelles ils étaient prêts à fournir des estimations. Une autre technique d'enquête, qui est utilisée par la Science Policy Research Unit au Royaume-Uni et par Chris De Bresson au Canada, est de demander à des spécialistes d'énumérer des innovations importantes dans différentes branches d'activité économique, d'indiquer approximativement quand ces innovations sont nées et de nommer les entreprises innovatrices. Des demandes de renseignements sur les innovations ainsi repérées peuvent ensuite être adressées aux entreprises nommées. Cette méthode conduit probablement à un ensemble plus représentatif d'innovations importantes, mais c'est seulement une fois que cette liste est établie qu'on peut savoir si les innovateurs sont prêts à fournir les informations recherchées.

Certains organismes essaient maintenant d'établir des répertoires à jour des nouvelles innovations en dépouillant les renseignements publiés dans des journaux ou des revues clés. (7) Au moins un organisme européen a un programme visant à recueillir périodiquement auprès des entreprises innovatrices des données normalisées sur les innovations. Il serait peut-être opportun maintenant de songer à élaborer un programme permanent pour répertorier les innovations à mesure qu'elles sont mises au point et produire systématiquement des séries chronologiques sur l'activité d'innovation.

Les effets de l'innovation

On peut viser à prévoir les effets des innovations courantes ou nouvelles et on peut chercher à comprendre les effets des innovations courantes et passées. Ces deux tâches sont difficiles, surtout la première, et le statisticien peut seulement se pencher sur la deuxième dans l'espoir que les informations qu'il recueille puissent aider les personnes qui veulent faire des évaluations et des prévisions en matière de technologie ou intégrer le changement technologique dans la théorie économique.

Quels sont les effets de l'innovation? L'innovateur espère réaliser des bénéfices provenant des ventes soit d'un nouveau produit, soit d'un produit meilleur marché ou amélioré. Malheureusement, les ventes et les bénéfices sont également liés à d'autres facteurs tels que les conditions économiques en général, l'"état de la nature" et la qualité de l'esprit d'entreprise. Il y a également un problème de temps: à court terme, une entreprise qui ne mène aucune activité d'innovation peut recueillir des bénéfices plus élevés que ceux des autres entreprises précisément parce qu'elle dépense peu pour l'innovation. Il existe peut-être une corrélation statistique entre les bénéfices et l'innovation, mais, étant donné le genre de statistiques industrielles et les notions dont on dispose à l'heure actuelle, il est préférable d'attendre avant de former une opinion finale.

"Bien que l'on présume de façon générale que le changement technologique favorise la croissance économique et les gains de productivité, il est largement reconnu que son incidence quantitative est difficle à évaluer ...

[...]

On peut probablement affirmer sans crainte de se tromper que la croissance, les ventes, les exportations et de hauts taux de rendement sont fréquemment associés à des niveaux élevés de

dépenses au titre de la recherche, mais qu'un lien causal évident entre la recherche et la performance économique est très difficile à établir." (8)

Toutefois, le **taux de changement des ventes d'une industrie** est peut-être un indicateur important. Pourquoi la demande peut-elle augmenter? Est-ce attribuable à une diminution de la concurrence causée par une catastrophe naturelle, une guerre ou une intervention politique? Si non, c'est peut-être à cause d'innovations: des innovations qui utilisent le produit de l'industrie en question ou des innovations dans les matériaux ou les procédés utilisés dans cette industrie, voire les deux. Un bond soudain du taux d'accroissement des ventes peut fort bien signifier une progression marquée dans l'activité d'innovation.

On pense généralement que les innovations ont pour effet d'accroître le bien-être de la société. Cependant, il n'existe pas d'accord réel ni sur la définition du bien-être, ni sur la manière de le mesurer. "En mesurant la production globale et sa croissance, tâche qui vise en définitive à quantifier les changements dans le niveau de bien-être économique, il est à peu près impossible de saisir certains effets attribuables à l'évolution technologique tel qu'un choix plus vaste de biens et de services ou une meilleure qualité." (9) C'est seulement dans les domaines de l'agriculture et de la santé qu'un rapport direct entre certaines innovations particulières et des accroissements prononcés du bien-être a pu être établi.

Du point de vue des objectifs actuels des programmes publics, il nous semble que la mesure des effets de l'innovation est en marge du problème des indicateurs de l'innovation. Non seulement l'utilisation de ce type d'estimations chronologiques est-elle imprécise, mais la collecte d'un ensemble complet de données pour calculer ces estimations serait une entreprise énorme et coûteuse. Il est certes important d'aider, comme dans tous les autres aspects de la recherche économique, les personnes qui

étudient les effets de l'innovation, mais il n'est pas encore possible d'inclure les statistiques nécessaires pour ce genre d'analyse dans le programme des indicateurs de l'innovation.

Résumé

Ce chapitre propose différentes statistiques qui peuvent servir d'indicateurs de l'activité d'innovation pour les besoins des personnes intéressées aux questions de politique. Ces statistiques, dont certaines existent déjà et d'autres ne sont que des notions à l'heure actuelle, sont décrites sous trois rubriques. La première rubrique, "Le climat d'innovation", comprend les données qui s'appliquent le plus directement à la planification et dont la production est plus poussée que dans le cas des deux autres catégories. Nous recommandons que les organismes statistiques s'abstiennent pour le moment d'établir des programmes de collecte et d'analyse de données sur les effets de l'innovation ("Les effets de l'innovation"). Par contre, il est peut-être important d'envisager maintenant la possibilité de recueillir systématiquement des données sur les innovations particulières et de produire des renseignements qui seront utiles pour les analyses futures ("Repérage et recensement des innovations").

Renvois

(1) Par exemple, un article de journal indiquait que la Bourse de Toronto se prépare à publier un indice boursier du secteur "de haute technologie" à partir des valeurs enregistrées dans trois branches d'activité: l'informatique, l'électronique et les communications. **Globe and Mail**, 18 mai 1984.

(2) "Trade in High Technology Products - An Examination of Trade Related Issues in the Pharmaceutical Industry", DSTI/SPR/83.101, OCDÉ, Paris, 7 novembre 1983, p. 24 et p. 26.

(3) "Trade in High Technology Products: An Examination of Trade Related Issues in the Machine Tool Industry", DSTI/SPR/83.102, OCDÉ, Paris, 9 novembre 1983, p. 17-18.

(4) **A Survey of Scientific and Technical Information in Ireland**, Institute for Industrial Research and Standards, Dublin, 1973.

(5) "Science Indicators: The Measurement of Technological Innovation", DSTI/SPR/76.44/04, OCDÉ, Paris, 22 octobre 1976, **Certaines statistiques sur l'innovation technologique dans l'industrie**, nº 13-555 au catalogue, Statistique Canada, 1975 et "The Costs of Technological Innovation", H. Stead, **Research Policy**, nº 5, 1976.

(6) "Preliminary Report: Innovation and Technological Change in Five Canadian Industries", Document nº 176, Dennis DeMelto, Kathryn McMullen et Russel Wills, Conseil économique du Canada, 1980, p. 270.

(7) Par exemple, le **New Technology Digest** publié par le Financial Times Business Information Consultancy annonce de 400 à 500 innovations tous les mois.

(8) Kristian Palda, Bohumir Pazderka, **Les dépenses du Canada au titre de la recherche et du développement: Une comparaison internationale**, Conseil économique du Canada, Ottawa, 1932, p. 2-3.

(9) **Ibid.**, p. 2.

Conclusion

Dans ce document, nous avons tenté de définir ou de décrire l'innovation de manière à proposer une notion qui soit utile à la fois aux décideurs et aux statisticiens. Bien qu'il puisse paraître redondant de chercher à préciser les raisons pour lesquelles les responsables en matière de politique économique industrielle doivent s'intéresser à l'innovation, nous avons essayé d'en démontrer l'importance en examinant sommairement les effets de l'innovation. Dans l'ensemble, les innovations semblent augmenter la qualité de la vie. Quoi qu'il en soit, c'est une réalité de la vie industrielle qu'on ne peut pas éviter de penser au progrès technologique à cause de ses répercussions sur les caractéristiques les plus importantes de presque tous les produits: la qualité, le coût, la nouveauté et la fiabilité.

Les statisticiens ne peuvent pas offrir grand-chose aux décideurs ou aux analystes concernant les effets de l'innovation. Il est difficile de trouver un moyen systématique de définir et de caractériser les innovations; leurs effets sont encore moins faciles à décrire et à mesurer et prennent souvent des dizaines d'années pour se manifester. L'histoire compte un nombre suffisant d'exemples des effets des innovations du passé pour permettre à tout le monde d'en saisir l'importance. Les effets des innovations actuelles et possibles relèvent du domaine de l'évaluation et de la prévision technologique. Les statisticiens n'ont donc qu'un rôle indirect à jouer à ce chapitre.

Les innovations, comme toutes les oeuvres du génie humain, ne sauraient être produites sur commande. Une politique qui a pour objet de favoriser l'innovation vise à créer un climat propice à cette activité. Nous avons décrit divers facteurs susceptibles d'influer sur le climat d'innovation et nous les avons regroupés en trois catégories:

- les facteurs qui définissent l'étendue de la base scientifique et technologique;
- les facteurs généraux qui favorisent l'innovation et
- les facteurs qui déterminent le potentiel de chaque entreprise.

Ce sont non seulement les aspects les plus essentiels pour le décideur, mais ce sont également les questions que les statisticiens sont le mieux en mesure de traiter. Ces derniers peuvent proposer beaucoup d'indicateurs utiles dont certains font déjà partie du programme statistique d'un grand nombre de pays et d'autres qui n'ont pas encore été produits systématiquement. Étant donné l'importance d'une industrie dynamique, c'est-à-dire innovatrice, dans l'économie d'un pays et le niveau élevé des dépenses actuelles pour encourager l'innovation industrielle, les quelques dépenses nécessaires pour mettre au point un meilleur système d'information pour la planification devraient être considérées comme très bien justifiées.

L'innovation est à la fois un objet et une activité. En tant qu'objet, l'innovation est un produit ou un procédé de production nouveau ou perfectionné qui remporte un succès commercial. En tant qu'activité, l'innovation comprend toutes les étapes menant vers la mise au point de cet objet. Ces deux aspects de l'innovation sont importants pour les responsables des politiques et des programmes publics et, par conséquent, pour les statisticiens gouvernementaux. À cause de leurs effets différents, il est utile de distinguer les innovations dans les produits et celles dans les procédés de production. À cause des divers objectifs que les programmes peuvent viser, il est important de distinguer les différentes étapes de l'activité d'innovation. Jusqu'à maintenant, l'attention a surtout porté sur l'étape de la R-D, soit celle qui comporte le plus d'incertitude sur le plan technique.

La mesure de l'innovation industrielle

ANNEXE

Deux exemples de l'organisation de l'innovation dans de grandes sociétés industrielles sont présentés dans cette annexe.

Programme type pour la mise au point d'un produit

ÉTAPE

1 Définition des objectifs

1. établir les objectifs stratégiques
2. esquisser des échéanciers, des budgets globaux et des directives pour l'innovation

2 Recherche préliminaire

1. choisir une invention, une découverte, un principe scientifique, une idée pour un produit ou une base technologique
2. décrire un besoin, un créneau commercial, la psychologie des consommateurs, les lacunes d'un produit ou la taille du marché
3. faire le point sur la somme des progrès réalisés jusqu'à présent (recherches en bibliothèque et études de marché)
4. rédiger une ébauche des spécifications recherchées (description d'un produit proposé - première spécification)
5. repérer les difficultés critiques qui peuvent se présenter

3 Étude de faisabilité

1. évaluer la faisabilité technique (calculs fondamentaux)
2. évaluer la viabilité financière (analyse économique)
3. résoudre théoriquement les difficultés critiques (inventions)
4. esquisser des solutions générales (première série de dessins
5. estimer le travail nécessaire pour les phases 4 et 5 et la probabilité de réussite (analyse de risque)

Sur 10 produits proposés à la fin de la troisième étape ...

4 Conception

1. préciser et quantifier les spécifications (deuxième spécification)
2. mettre au point des dessins détaillés (deuxième série de dessins)
3. prévoir la performance technique et le coût du produit
4. rédiger la documentation technique
5. élaborer des expériences d'évaluation technique et des essais d'utilisation

... peut-être trois passent à l'étape du prototype ...

5 Construction d'un prototype

1. construire les prototypes et les modèles nécessaires (première série de prototypes)
2. soumettre les prototypes à des essais
3. évaluer la performance technique
4. mener des essais d'utilisation avec les prototypes (première série d'essais)
5. évaluer la performance d'utilisation

6 Études commerciales

1. réévaluer les possibilités commerciales en tenant compte des résultats des essais
2. réévaluer les estimations de coûts
3. analyser les difficultés de mise en marché et de production
4. réviser les objectifs fondamentaux (planification stratégique) et le budget du programme de développement
5. réviser les spécifications (troisième spécification)

... et un subsiste jusqu'à l'étape des études de développement pour la fabrication

7 Études de développment pour la fabrication

1. préparer les dessins pour la fabrication du produit (troisième série de dessins)
2. rédiger la documentation sur les dessins du produit
3. élaborer des épreuves techniques, des essais d'utilisation et des expériences sur le terrain dans le marché
4. construire des prototypes préliminaires avant le début de la production (deuxième série de prototypes)
5. effectuer les épreuves techniques, les essais d'utilisation et les expériences sur le terrain dans le marché (troisième série d'essais)
6. évaluer les résultats des essais et modifier les dessins

8 Planification de la production

1. préparer les plans de commercialisation
2. préparer les plans de fabrication
3. décrire l'emballage, le matériel de promotion et les manuels d'instructions
4. préciser les gabarits et les outils nécessaires

9 Outillage et préparation commerciale

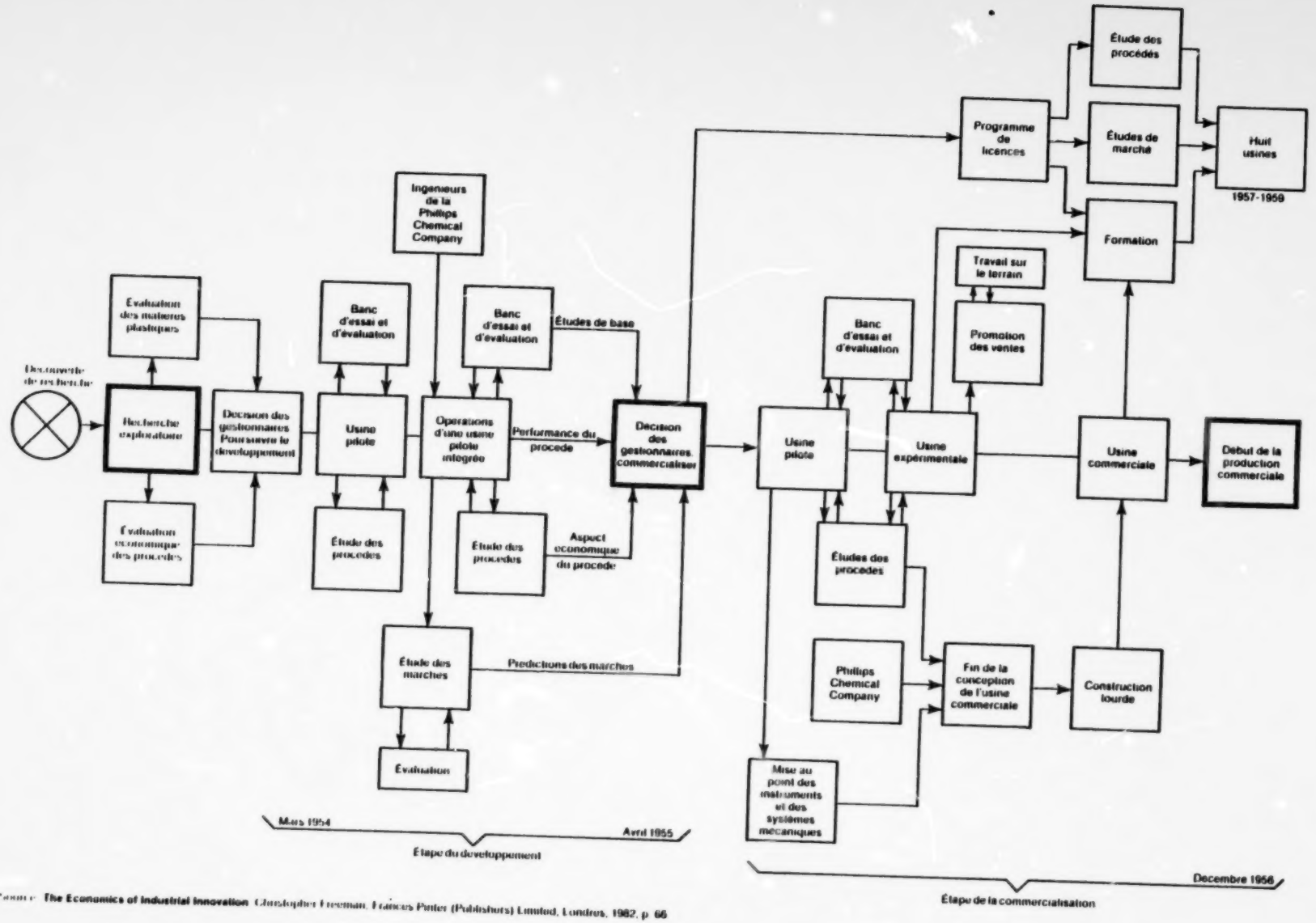
1. construire les gabarits et les outils nécessaires
2. fabriquer un lot préliminaire de produits à partir de ces outils (troisième série de prototypes)
3. mettre à l'essai le lot préliminaire (troisième série d'essais)
4. composer le matériel de commercialisation et le faire imprimer
5. mettre sur pied les mécanismes de commercialisation
6. mettre sur pied les mécanismes de contrôle de la production

10 Fabrication et vente

1. entamer les activités de commercialisation
2. commencer la fabrication et la vente
3. recueillir des renseignements sur le marché, les utilisateurs, les réparations et l'entretien
4. faire des recommandations sur la modification des dessins pour la deuxième génération du produit (étapes 2 à 4)
5. faire des recommandations pour des recherches (étapes 1 à 2)

Source: **Technological Innovation - A Methodology**, L. Bruce Archer, Science Policy Foundation, Londres, 1971.

Organigramme de la mise au point du procédé de fabrication du polyéthylène à moyenne pression à la Phillips Petroleum Company



Source : **The Economics of Industrial Innovation**, Christopher Freeman, Frances Pinter (Publishers) Limited, Londres, 1982, p. 66